

روشی برای تجزیه و تحلیل چند برابر کننده‌های ولتاژ برای تعیین مقدار حداقل خازن‌ها از نظر اقتصادی بودن آن . کاربر ر برای تلویزیون رنگی .

نوشته :

دکتر مرتضی شهبازی

مؤسسه علوم و فنون هسته‌ای دانشگاه تهران

چکیده :

ترانزیستوری کردن کامل یک تلویزیون که این اواخر یکی از هدفهای اصلی محققین این رشته بود بالاخره با ساختن دیودهای چند اتصالی که ولتاژهای زیادی را تحمل میکنند و مدار چند برابر کننده‌های ولتاژ برآخرین مشکل مربوط به ولتاژ زیاد لامپ تصویر غلبه شد و باین هدف جامه عمل پوشانیده گردید . انتخاب مدار پایه و تجزیه و تحلیل مدار برای بدست آوردن شرطی که در آن بهترین مقدار و اقتصادی ترین آن را بدست دهد در زیر از نظر خواهد گذشت :

پیش گفتار :

یکی از امکانات جدید دیگر نیمه هاوی‌ها ، ساختن دیودها و دیگر اجزاء نیمه هادیها برای ولتاژ زیاد است . چنانچه در پیرو خواهیم دید با قرار دادن چندین دیود نوع PrN در یک پوشش ، دیودیکه‌ای میتوان داشت که ولتاژ معکوسی معادل ده هزار ولت بیشتر را برحقی تحمل نماید . بعد از بوجود آمدن این دیودهای، پرتحمل ، گام دیگری برای باصطلاح ترانزیستوری کردن تلویزیون ، بخصوص نوع رنگی آن برداشته شد . چه قبلاً تأمین ولتاژ زیاد لامپ تصویر ، سدی برای ترانزیستوری کردن کامل تلویزیون‌ها بوجود می‌آورد .

این ولتاژ زیاد بوسیله چند لامپ الکترونیکی تأمین می‌شد . بطور خلاصه باید گفت که این پیدایش مزیت‌های زیر را دربر می‌گرفت :

این کار در کارخانه SILEC بخش تولید نیمه هادیها در فرانسه انجام شده و محاسبات آن برای اولین بار در این نشریه منتشر می‌گردد .

۱- کاهش مقدار دور سیم پیچ ترانسفورماتور زیاد کننده (بطوریکه بجای ۲۰ هزار ولت فقط ۸۳۰۰ ولت تولید نماید).

۲- حذف لامپ یکسو کننده ولتاژ زیاد.

۳- حذف لامپ تنظیم کننده ولتاژ.

۴- نبودن تلف حرارتی.

۵- حذف یکسو کننده مربوط به کانونی کردن و بدست آوردن پتانسیل کانونی کردن مستقیماً از

چند برابر کننده نیمه هادی.

۶- کاهش پرتو X مربوط به لامپهای یکسو کننده ها و تنظیم کننده ولتاژ.

مسئله مهمی که وجود داشت تعیین مقدار خازن هائی بود که در چند برابر کننده بکار می آمد.

از آنجا که قیمت خازنهای باولتاژ زیاد با مقدار ظرفیت نسبت مستقیم دارد لذا بر آن شدید تاراهی پیدا کنیم

که بتوان برای مقدار این خازنها شرط و یا شرایطی بدست آوریم که مناسب ترین مقدار را برای آنها بدست

آوریم. در این مقاله چگونگی محاسبه و راه انتخاب شده تقریباً بطور مشروح آورده میشود.

انتخاب مدار پایه :

مدارهای مختلف چند برابر کننده ولتاژ مانند مدارهای گریناشه^(۱)، شنکل^(۲) و ویلارد^(۳) وجود

دارد که مدار ویلارد دارای مزیت داشتن زمین مشترک می باشد. در شکل (۱) a و b مدار با مشخصه های

ولتاژ نقطه های مختلفش آورده شده است. چگونگی طرز کار مدار برای موج سینوسی و در حالتی که دیود

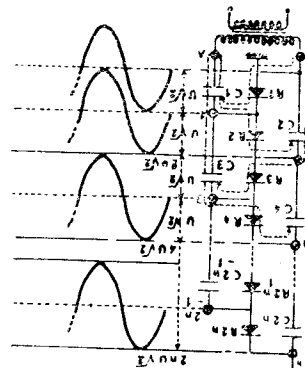
ایده آل (با $R_F=0$ و $\tau_{RR}=0$) و خازن بدون نشت در نظر بگیریم مستقیماً از روی شکل بدست می آید

بنابراین چنانچه دیده میشود تمام نقاط فرد ۱ و ۳ و ۵ و ... دارای یک پتانسیل مستقیم

بعلاوه یک پتانسیل متناوب رویهم قرار گرفته می باشند و حال آنکه نقاط زوج فقط دارای پتانسیل ثابت

مستقیم هستند. در نقطه $2n$ ، که از ترکیب دیود D_{2n} و خازن C_{2n} تشکیل میشود، پتانسیل

ثابت بدون بار $2n U/\sqrt{2}$ می گردد.



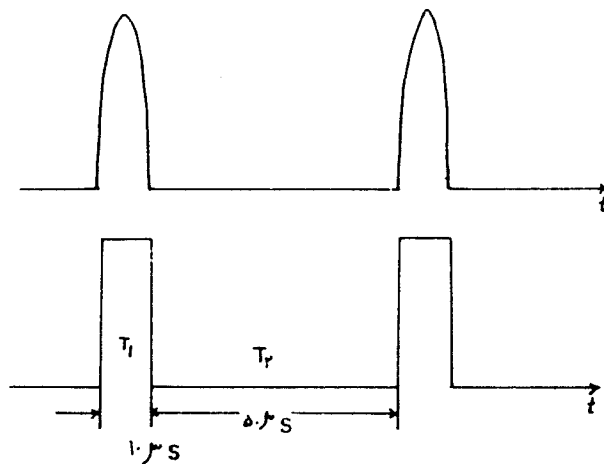
شکل (۱)

۱ - Greinacher

۲ - Schenckel

۳ - Villard

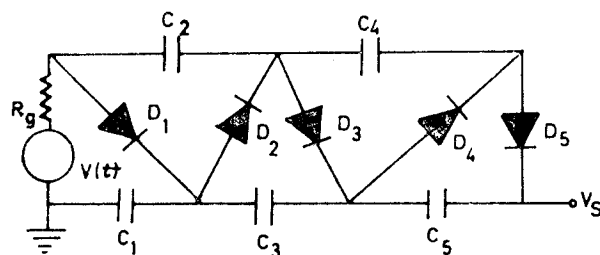
میتوان خازن C_1 و دیود D_1 را در ورودی مدار حذف کرد و در اینصورت علامت‌ها مستقیماً به نقطه ۱ شکل (۱) اعمال می‌گردند و پتانسیل کلی بدون بار به مقدار $\sqrt{2} U$ ($2n-1$) می‌رسد. برای رژیم پالسی، بویژه در تلویزیون که از پالس‌های حاصل از برگشت نقطه استفاده می‌شود، مدار ساده‌تر می‌گردد و از لحاظ تعداد اجزاء به نصف کاهش پیدا می‌کند. در اینصورت پتانسیل معکوس اعمال شده به دیود D_1 دیگر $\sqrt{2} U$ نبوده بلکه بواسطه آنکه نیم پریود منفی حذف شده است، U می‌باشد. پالس‌های پلاریزه مربوط به برگشت نقطه دارای شکل (۲) است که برای آسانی تجزیه و تحلیل چگونگی طرز کار یک سه برابر کننده، (مجموعه‌ای که در تلویزیون از آن استفاده می‌گردد) ما آنها را پالس‌های راست گوشه در نظر می‌گیریم.



شکل (۲)

الف - سه برابر کننده در ابتدای کار

آنچه در زیر می‌آید، طرز کار یک سه برابر کننده در رژیم پالسی، با توجه باینکه دیودها ایده‌آل هستند و در خازن‌ها جریان نشتی وجود ندارد، آورده میشود. برای این منظور مدار را برای سه پالس اولیه تجزیه و تحلیل می‌کنیم و برای هر پالس پتانسیل و جریان نقطه‌های مختلف مدار را بدست می‌آوریم شکل (۳).



شکل (۳)

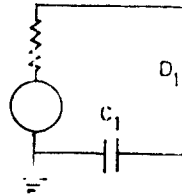
ورود پالس اول :

در مدت زمان T_1 مدار معادل شکل (۳) بصورت شکل زیر درمی آید . زمان باردار شدن

C_1 برابر :

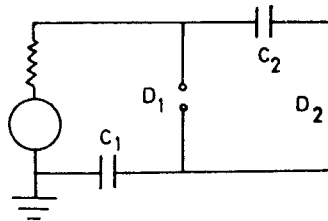
$$\tau_1 = C_1 R_g \quad (1)$$

و جریانی که از دیود D_1 عبور می کند برابر :



$$I_{D_1} = \frac{V_0}{R_g} e^{-t/\tau_1} \quad (2)$$

می شود. برای آنکه خازن C_1 به مقدار ماکزیموم V_0 (تقریباً) برسد، بایستی $\tau_1 < T_1$ باشد. در مدت زمان T_2 مدار معادل بصورت شکل زیر درمی آید. دیود D_1 در پایان T_1 قطع می گردد و در اینصورت خازن C_1 به مقدار ماکزیموم V_0 باردار می گردد. خازن C_2 که خالی است، سبب هدایت D_2 و از آنجا سبب باردار شدن خودش می گردد.



بنابراین داریم :

$$\tau_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} R_g \quad (3)$$

$$I_{D_2} = \frac{V_0}{R_g} e^{-t/\tau_2} \quad (4)$$

و در حالت ویژه که در آن $C_1 = C_2$ در اینصورت زمان τ_2 نصف زمان مربوط به C_1 و همچنین مقدار بار منتقل شده به C_2 نصف بار اصلی C_1 خواهد بود. بنابراین بطور کلی داریم :

$$V_{C_1} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0 \quad (5)$$

$$V_{C_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} V_0 \quad (6)$$

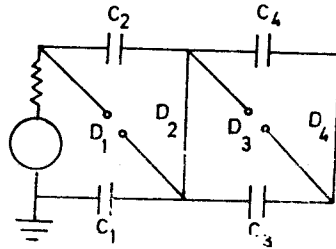
پادآوری - دیود D_2 بمجرد آنکه $V_{C_2} \geq V_{C_1}$ می گردد، قطع می شود و این کار در مدت

کسری از T_2 صورت می گیرد چون :

$$\tau_2 < \tau_1 < T_1 < T_2$$

ورود پالس دوم :

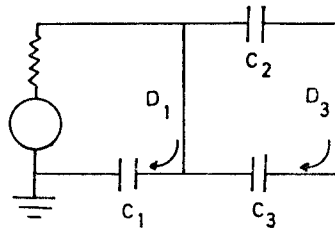
در پایان زمان T_2 پالس اول تمام دیودها قطع بوده و مدار معادل بصورت زیر درمی آید.



در مدت T_1 پالس دوم پتانسیل نقطه A نسبت به زمین برابر با $\frac{C_r}{C_1 + C_r} V_o + V_o$ می باشد. دیود D_2 که هنوز بحال قطع است، D_1 و D_2 شروع به هدایت می کنند، زیرا $V_{C_1} < V_o$ بوده و C_3 باردار نیست.

در اینصورت مدار معادل بصورت زیر درمی آید :

پتانسیل اعمال شده به $D_1 + Rg$ برابر زیر است :



$$V_o - \frac{C_1}{C_1 + C_r} V_o = \frac{C_r}{C_1 + C_r} V_o$$

که از آنجا $V_{C_1} = V_o$ بدست می آید. پتانسیل اعمال شده به $D_2 + Rg$ از رابطه زیر بدست می آید :

$$V_o + \frac{C_1}{C_1 + C_r} V_o - \frac{V_1}{C_1 + C_r} V_o = \frac{2C_r}{C_1 + C_r} V_o$$

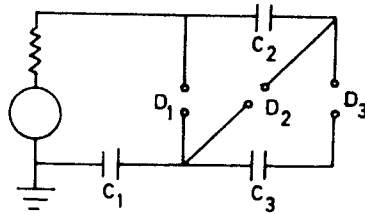
بنابراین برای V_{C_2} و V_{C_3} مقدارهای زیر پیدا میشود :

$$V_{C_2} = \frac{C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_3)} V_o \quad (7)$$

$$V_{C_3} = \frac{C_r C_3}{(C_1 + C_r)(C_r + C_3)} V_o \quad (8)$$

دیدیم که در پایان T_1 تمام دیودها قطع هستند ولی در ابتدای مدت T_2 ، D_2 و D_3 شروع به هدایت می کنند و حالیکه D_1 و D_2 بحال قطع باقی می مانند. مدار معادل بصورت زیر درمی آید :

در این حال مقادارهای V_{C_1} ، V_{C_r} ، V_{C_r} و V_{C_ξ} ، بقرار زیر هستند :



$$V_{C_1} = \frac{C_1 C_r + C_1 C_\xi + C_r C_\xi + 2 C_r^2}{(C_1 + C_r)^2 \cdot (C_r + C_\xi)} \cdot C_1 V_0 \quad (9)$$

$$V_{C_r} = \frac{C_1 C_r + C_1 C_\xi + C_r C_\xi + 2 C_r^2}{(C_1 + C_r)^2 \cdot (C_r + C_\xi)} \cdot C_r V_0 \quad (10)$$

$$V_{C_\xi} = \frac{C_r C_\xi}{(C_1 + C_r)(C_r + C_\xi)(C_r + C_\xi)} \cdot V_0 \quad (11)$$

$$V_{C_\xi} = \frac{C_r C_r C_\xi}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)(C_r + C_\xi)} \cdot V_0 \quad (12)$$

واضح است که در پایان T_r تمام دیودها بحال قطع هستند.

ورود پالس سوم:

در مدت زمان T_1 ، V_{C_1} ، V_{C_r} و V_{C_ξ} از مقدار V_0 کوچکتر بوده و دیودهای D_1 ، D_r و D_3 شروع به هدایت می کنند و در اینصورت V_{C_1} ، V_{C_r} ، V_{C_r} و V_{C_ξ} مقادارهای زیر را خواهند داشت . پتانسیل اعمال شده به $D_1 + Rg$ برابر :

$$\frac{C_r^2 + C_r^2 C_r + C_1 C_r C_r}{(C_1 + C_r)^2 \cdot (C_r + C_r)} V_0$$

است که سبب میشود تا $V_{C_1} = V_0$ بگذرد .

$$V_{C_r} = V_0 \left[\frac{C_r}{C_r + C_r} + \frac{C_r^2 C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)^2 (C_r + C_\xi)} + \frac{C_r}{(C_1 + C_r)^2 (C_r + C_r)} (C_1 C_r^2 + 2 C_r^2 - C_r^2 C_r - C_r^2 C_r) - 2 C_1 C_r - C_r^2 - C_1 C_r C_r \right] \quad (13)$$

$$V_{C_\xi} = V_0 \left[\frac{C_r}{C_r + C_r} + \frac{C_r C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)^2 (C_r + C_\xi)} + \frac{C_r}{(C_1 + C_r)^2 (C_r + C_r)} (C_1 C_r^2 + 2 C_r^2 - C_r^2 C_r - C_r^2 C_r) - C_r^2 C_r - 2 C_1 C_r - C_r^2 - C_1 C_r C_r \right] \quad (14)$$

$$V_{C_\xi} = \frac{C_r C_p C_\xi^+}{(C_1 + C_r)(C_r + C_p)(C_p + C_\xi)(C_\xi + C_o)} V_o \quad (10)$$

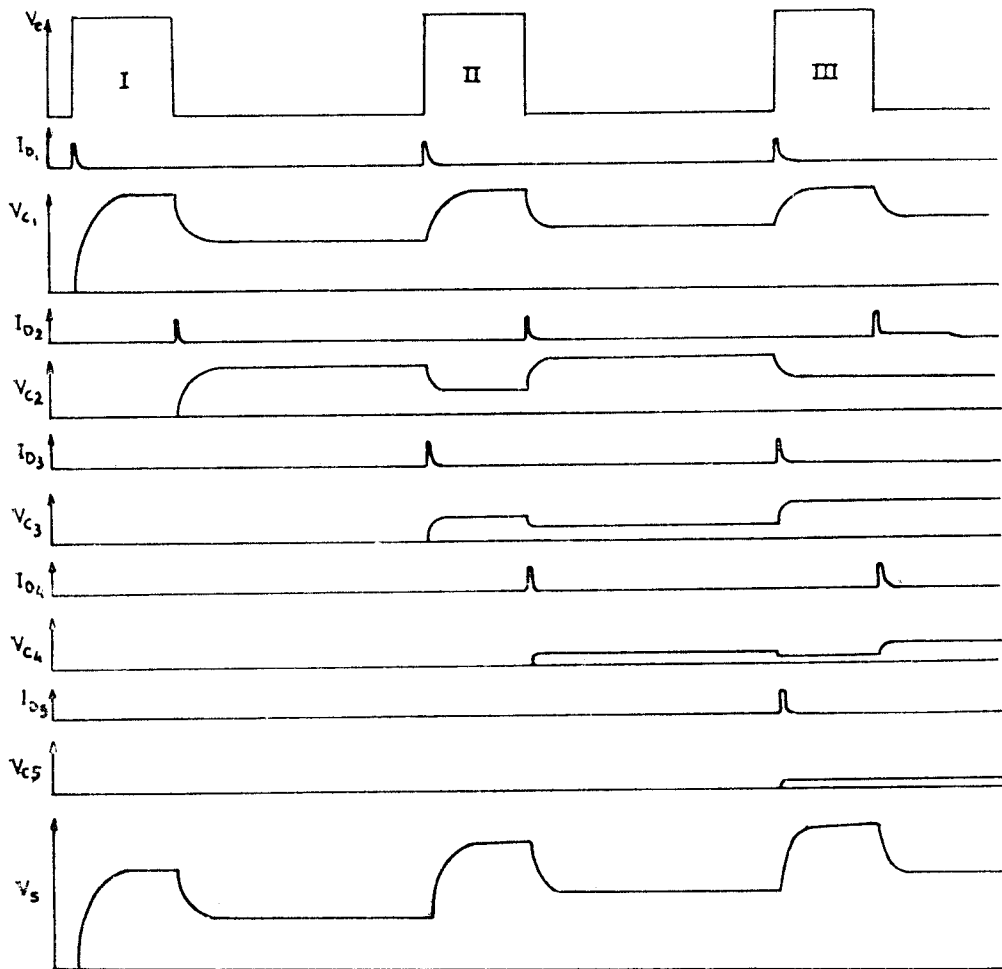
$$V_{C_o} = \frac{C_r C_p C_\xi C_o^-}{(C_1 + C_r)(C_r + C_p)(C_p + C_\xi)(C_\xi + C_o)} \cdot V_o \quad (11)$$

برای پتانسیل خروجی مدار داریم :

$$V_{S_{C_1}} + V_{C_r} + V_{C_o}$$

$$V_S = V = V_o + V_o \left[\frac{C_r}{C_r + C_p} + \frac{C_r^+ C_p^+}{(C_1 + C_r)(C_r + C_p)^2 (C_p + C_\xi)} + \frac{C_r}{(C_1 - C_r)(C_r + C_p)^2} (C_1 C_r^+ + r C_r^+ - C_r^+ C_r - C_r^+ C_p - r C_1 C_r - C_r^+ - C_1 C_r C_p) \right] + \frac{C_r C_p C_\xi C_o^-}{(C_1 + C_r)(C_r + C_p)(C_p + C_\xi)(C_\xi + C_o)} \quad (12)$$

برای حالت ویژه که در آن $C_1 = C_r = C_p = C_\xi = C_o = C$ است V_S بصورت زیر درمی آید.



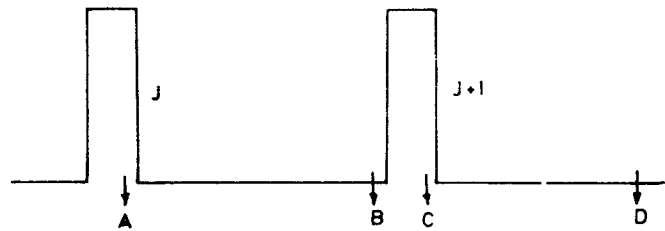
شکل (۴)

$$V_S = V_o + \frac{r}{\lambda} V_o + \frac{1}{16} V_o \quad (18)$$

از این محاسبات نتیجه می‌گیریم که برای پالس‌های بعدی، در مدت زمان T_1 دیودهای D_1 ، D_3 و D_o هدایت می‌کنند در صورتیکه در مدت زمان T_2 دیودهای D_2 و D_4 هادی می‌گردند. در شکل (ع) چگونگی رشد V_S و پتانسیل سایر نقاط نشان داده شده است.

ورود پالس‌های J و $J+1$:

دو پاس دلخواه J و $J+1$ را در نظر می‌گیریم و برای نقاط A ، B ، C و D خواهیم داشت:



A:

$$V_j C_1 = V_o$$

$$V_j C_r = V_j C_r$$

$$V_j C_\xi = V_j C_o$$

$$V_j C_S = V_j C_1 + V_j C_r + V_j C_o$$

B:

$$V'_j C_1 = V'_j C_r = \frac{1}{C_1 + C_r} (C_1 V_j C_1 + C_r V_j C_r)$$

$$V'_j C_r = V'_j C_\xi = \frac{1}{C_r + C_\xi} (C_r V_j C_r + C_\xi V_j C_\xi)$$

C:

$$V_{j+1} C_1 = V_o$$

$$V_{j+1} C_r = V_{j+1} C_r = \frac{1}{C_r + C_r} (C_r V'_j C_r + C_r V'_j C_r)$$

$$V_{j+1} C_\xi = V_{j+1} C_o = \frac{1}{C_\xi + C_o} (C_\xi V'_j C_\xi + C_o V'_j C_o)$$

D:

$$V'_{j+1} C_1 = V'_{j+1} C_r = \frac{1}{C_1 + C_r} (C_1 V_{j+1} C_1 + C_r V_{j+1} C_r)$$

$$V'_{j+1} C_r = V'_{j+1} C_\xi = \frac{1}{C_r + C_\xi} (C_r V_{j+1} C_r + C_\xi V_{j+1} C_\xi)$$

$$V'_{j+1} C_o = V_{j+1} C_o$$

$$V_{j+1} S = V'_{j+1} C_1 + V'_{j+1} C_r + V'_{j+1} C_o$$

در پایان زمان T پالس J+1 ام برای V_s خواهیم داشت :

$$V_{j+1}S = V'_{j+1}C_1 + V'_{j+1}C_r + V'_{j+1}C_o$$

که با قرار دادن مقادیرهای $V'_{j+1}C_1$ ، $V'_{j+1}C_r$ و $V'_{j+1}C_o$ خواهیم داشت :

$$V_{j+1}S = \frac{C_1}{C_1 + C_r} V_o + \left(\frac{C_r}{C_1 + C_r} + \frac{C_r}{C_r + C_\xi} \right) V_{j+1}C_r + \left(1 + \frac{C_\xi}{C_r + C_\xi} \right) V_{j+1}C_o$$

از طرف دیگر داریم :

$$V_{j+1}C_r = \frac{C_1 C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_\xi)} V_j C_1 + \left(\frac{C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)} + \frac{C_r}{(C_r + C_r)(C_r + C_\xi)} \right) V_j C_r + \frac{C_r C_\xi}{(C_r + C_r)(C_r + C_\xi)} V_j C_o$$

$$V_{j+1}C_o = \frac{C_r C_\xi}{(C_\xi + C_r)(C_\xi + C_o)} V_j C_r + \left(\frac{C_\xi}{(C_r + C_\xi)(C_\xi + C_o)} + \frac{C_o}{C_\xi + C_o} \right) V_j C_o$$

بالاخره برای $V_{j+1}S$ خواهیم داشت :

$$V_{j+1}S = \frac{C_1}{C_1 + C_r} V_o + \frac{C_1 C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)} \left(\frac{C_r}{C_1 + C_r} + \frac{C_r}{C_r + C_\xi} \right) V_j C_1 + V_j C_r \left[\left(\frac{C_r}{C_1 + C_r} + \frac{C_r}{C_r + C_\xi} \right) \left(\frac{C_r}{(C_1 + C_r)(C_r + C_r)} + \frac{C_r}{(C_r + C_r)(C_r + C_\xi)} \right) + \left(1 + \frac{C_\xi}{C_r + C_\xi} \right) \left(\frac{C_\xi C_o}{(C_r + C_\xi)(C_\xi + C_o)} \right) \right] + V_j C_o \left[\frac{C_r C_\xi}{(C_r + C_r)(C_r + C_\xi)} \left(\frac{C_r}{C_1 + C_r} + \frac{C_r}{C_r + C_\xi} \right) + \left(1 + \frac{C_\xi}{C_r + C_\xi} \right) \left(\frac{C_\xi}{(C_r + C_\xi)(C_\xi + C_o)} + \frac{C_o}{C_\xi + C_o} \right) \right] \quad (19)$$

این فرمول عمومی برای خروجی یک سه برابر کننده ولتاژ است در حالت ویژه وقتی که :

$$C_1 = C_r = C_r = C_\xi = C_o = C$$

برای V_s خواهیم داشت :

$$V_{j+1}S = \frac{1}{r} V_o + \frac{1}{\xi} V_j C_1 + \frac{v}{\lambda} V_j C_r + \frac{11}{\lambda} V_j C_o$$

در حد خواهیم داشت :

$$V_j C_1 = V_j C_r = V_j C_o = V_o$$

بنابراین :

$$V_{j+1}S = r V_o$$

از طرف دیگر میتوان نوشت :

$$V_{j+1}S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_j C_1 + \frac{v}{\lambda} V_j C_2 + \frac{v}{\lambda} V_j C_0$$

که از آنجا نتیجه می گیریم :

$$V_{j+1}S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_j S \quad (20)$$

توالی بصورت زیر است :

$$\left(\frac{v}{\lambda} \right)^j \left\{ \begin{array}{l} V_{j+1}S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_j S \\ V_j S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_{j-1} S \\ V_{j-1} S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_{j-2} S \\ \dots \dots \dots \\ V_r S = \frac{r}{\lambda} V_0 + \frac{v}{\lambda} V_1 S \\ V_1 S = \frac{r}{\lambda} V_0 \end{array} \right.$$

جمع جمله های توالی بالا برابری زیر را بدست می دهد :

$$\begin{aligned} V_{j+1}S &= \frac{r}{\lambda} V_0 \left[1 + \frac{v}{\lambda} + \left(\frac{v}{\lambda} \right)^2 + \dots + \left(\frac{v}{\lambda} \right)^j \right] \\ &= \frac{r}{\lambda} V_0 \frac{\left(\frac{v}{\lambda} \right)^{j+1} - 1}{\frac{v}{\lambda} - 1} \end{aligned}$$

که بالاخره نتیجه می دهد :

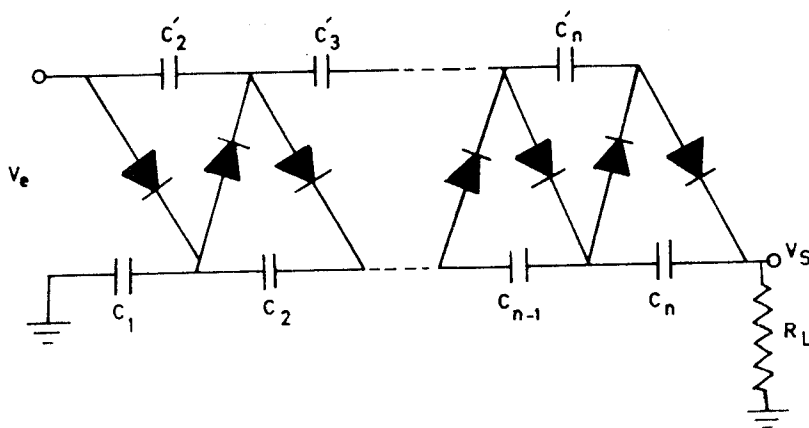
$$V_{j+1}S = r \left[1 - \left(\frac{v}{\lambda} \right)^{j+1} \right] V_0 \quad (21)$$

از رابطه (21) دیده می شود که حدود ده پالس اول کافی است تا V_S سه برابر V_0 بشود.

ب - سه برابر کننده در رژیم برقرار شده

در مدار عمومی شکل (ε) وقتی بین خروجی چند برابر کننده که بصورت بالا ، باردار شده است و زمین مقاومت R_L قرار دهیم جریانی از این مقاومت گذشته و V_S مقدار دیگری پیدا خواهد نمود. در واقع ما روی مقدار V_S بدون مقاومت تغییرات ولتاژ ΔV پیدا خواهیم کرد. برای آنکه تغییرات ولتاژ ناچیز باشد بایستی داشته باشیم :

$$\Delta V \ll V_S$$



شکل ه

مقدار باری که در مدت زمان T_r از مقاومت R_L می‌گذرد بوسیله خازن‌های باری یعنی $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ تأمین می‌گردد. برای مثال C_n باری به مقدار $I_r T_r$ در مدت زمان T_r از R_L عبور می‌دهد بنابراین اختلاف پتانسیل دوسر خازن C_n باندازه ΔV_n برابر $\frac{I_r T_r}{C_n}$ کاهش پیدا می‌کند. C_{n-1} مستقیماً باری باندازه $I_r T_r$ از مقاومت R_L عبور داده از طرف دیگر بایستی مقداری نیز به C'_n که از طریق C_n از دست داده است، بدهد. بنابراین بار کلی که خازن C_{n-1} از دست می‌دهد برابر با $2I_r T_r$ بوده و از آنجا اختلاف پتانسیل دوسر این خازن برابر $\Delta V_{n-1} = \frac{2I_r T_r}{C_{n-1}}$ می‌گردد.

باین ترتیب برای یک خازن انتخابی مقدار بار تأمین شده برابر $rI_r T_r$ و تغییرات اختلاف پتانسیل دوسر آن $\frac{rI_r T_r}{C_r}$ می‌باشد که از آنجا برای تغییرات کلی خواهیم داشت:

$$\Delta V_T = I_r T_r \left[\frac{1}{C_n} + \frac{2}{C_{n-1}} + \dots + \frac{n}{C_1} \right] \quad (22)$$

برای حالت ویژه که در آن:

$$C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C_n = C$$

داریم:

$$\Delta V_T = \frac{I_r T_r}{C} \cdot \frac{n(n+1)}{2} \quad (23)$$

تعیین مقدار C و امپدانس خروجی برای سه برابر کننده ولتاژ:

برای یک سه برابر کننده ولتاژ که در تلوویزیون رنگی با مشخصه‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، میتوان مقدار C و همچنین امپدانس خروجی آنرا بدست آورد.

$$I_L = 1.2 \text{ mA} \quad \text{و} \quad T_r = 0.05 \mu\text{S} \quad \text{و} \quad V_S = 20 \text{ KV} \quad \text{و} \quad V_e = 80 \text{ KV}$$

$$n = 3$$

چون می‌خواهیم I_L ثابت باشد در اینصورت بایستی $\Delta V_T \ll V_S = 2V_0$ بوده و با استفاده از رابطه (۲۳) ، $C \gg 10PF$ بدست می‌آید.

از طرف دیگر در مدت زمان T_1 که خازنهای C_1 ، C_3 و C_0 از طریق مقاومت Rg باردار می‌شوند، میتوان نوشت $\tau = RgC_{eq}$ که در آن C_{eq} خازن معادل بوده و τ خیلی کوچکتر از T_1 می‌باشد. زیرا که قبلاً نیز داشتیم که $\tau_1 = RgC_1 < T_1$. برای حالت ویژه که $C_{eq} = C/3$ است $C \ll 3T_1/Rg$ شده که در نتیجه $C \ll 3000PF$ می‌گردد.

هرگاه بخواهیم که C_1 با اندازه ماکزیموم V_0 در مدت $\tau_1 \ll \frac{T_1}{2}$ باردار شود در اینصورت داریم $\tau_1 = RgC_1$ با دانستن اینکه Rg حدود 10^4 اهم است، برای C_1 مقدار 0.01 میکوفاراد بدست می‌آید. با دانستن اینکه خازنهای ولتاژ زیاد هرچه کوچکتر باشند از نظر قیمت، ارزاترند سبب شد تا راه پیموده را پیدا کنیم و این مقدار حداقل و مناسب را برای آنها پیدا نمائیم. برای محاسبه امپدانس خروجی از رابطه (۲۳) میتوان نوشت:

$$I_L = \frac{\Delta V_T}{\frac{T_r}{C} \cdot \frac{n(n+1)}{2}}$$

که در آن $\frac{T_r}{C} \cdot \frac{n(n+1)}{2}$ چیزی جز امپدانس خروجی چند برابر کننده نیست که در حالت سه برابر کننده برابر $Z_S = S \cdot \frac{T_r}{C}$ می‌گردد.

رابطه عمومی - برای بدست آوردن رابطه عمومی امپدانس خروجی میتوان چند برابر کننده را مانند مولد ولتاژی در نظر گرفت که با کشیدن جریانی از آن بتوان داشت:

$$V_S = V_{S_0} - \Delta V$$

$$V_S = V_{S_0} - I_L \cdot \frac{T_r}{C} \cdot \frac{n(n+1)}{2} \quad \text{با:}$$

$$Z_S = \frac{T_r}{C} \cdot \frac{n(n+1)}{2} \quad \text{که از آنجا:}$$

نتیجه گیری - انتخاب مناسب مدار پایه و روشی که برای تجزیه و تحلیل مدار پایه آورده شد ما را به تعیین مقدار مناسب خازنها که اقتصادی هستند و همچنین به تعیین مقدار امپدانس خروجی که از نظر اتصال آن به لاسپ تصویر اهمیت دارد، راهنمایی کرده و نتیجه بسیار خوبی را بدست داده است.

منابع

- 1 - Encyclopedie Pratique de Mecanique et l Electricite . Tome connaissance genenales. P. 1423
- 2 - Fators Controlling The Performance of Cascade Rectifier Circuits. R. E. Jones and R.T. Waters. Proc. Iee , Vol. No 5 May 1964 P.1059.
- 3 - Rapport de Stage S . L . E . C Semiconductors 1972 M. Chahbazi Moghadam.